

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-135134

(43)Date of publication of application : 10.05.2002

(51)Int.Cl.

H03M 13/25
H03M 13/13
H03M 13/27
H03M 13/29
H03M 13/41
H04B 1/707
H04L 27/18

(21)Application number : 2000-324609

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 24.10.2000

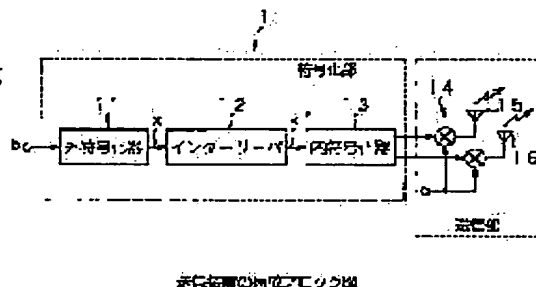
(72)Inventor : PETER BAN LEWEN
KONO RYUJI

(54) ENCODER AND CODING METHOD, DECODER AND DECODING METHOD, TRANSMITTER AND TRANSMISSION METHOD, AND RECEIVING AND RECEIVING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a code for obtaining high performance even in a multipath fading environment.

SOLUTION: A transmitter 1 is provided with an encoding portion which includes an external encoder 11 for coding with respect to an input symbol series b for externally encoding with a trellis code, turbo coding or turbo coding modulation; an interleaver 12 for interleaving each symbol sequence constituting the symbol series provided by this external encoder 11; and an internal encoder 13 for performing spatial and temporal encoding modulation to a code the spatial-temporal characteristics of which guarantees maximum transmission diversity as an internal encoding with respect to the symbol series x' provided from the interleaver 12. The transmitter 1 is also provided with a transmission portion, having a spread-spectrum modulator 14 for spread-spectrum modulating with respect to each plurality of streams provided by the internal encoder 13.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-135134

(P2002-135134A)

(43) 公開日 平成14年5月10日 (2002.5.10)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マコ-ト* (参考)
H 0 3 M	13/25	H 0 3 M	5 J 0 6 5
	13/13		5 K 0 0 4
	13/27		5 K 0 2 2
	13/29		
	13/41		

審査請求 未請求 請求項の数18 O L (全 21 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-324609(P2000-324609)

(22) 出願日 平成12年10月24日 (2000. 10. 24)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川 6 丁目 7 番35号

(72) 発明者 ピーター バン ルーエン

東京都品川区東五反田 3 丁目14番13号 株式会社ソニーコンピュータサイエンス研究所内

(72) 発明者 河野 隆二

東京都品川区東五反田 3 丁目14番13号 株式会社ソニーコンピュータサイエンス研究所内

(74) 代理人 100067736

弁理士 小池 晃 (外 2 名)

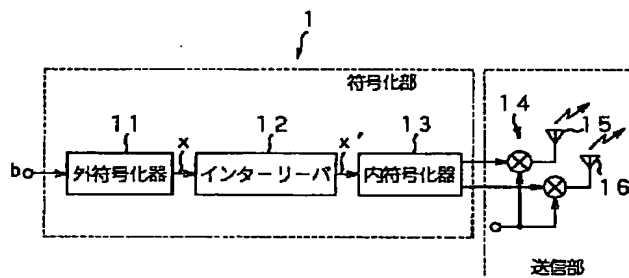
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 符号化装置及び符号化方法、復号装置及び復号方法、送信装置及び送信方法、並びに、受信装置及び受信方法

(57) 【要約】

【課題】 マルチパスフェージング環境下においても高い性能を発揮する符号を提供する。

【解決手段】 送信装置 1 は、入力されたシンボル系列 b に対して、外符号の符号化として、トレリス符号化、ターボ符号化又はターボ符号化変調を行う外符号化器 11 と、この外符号化器 11 から供給されたシンボル系列 x を構成する各シンボルの順序を並べ替えるインターリーバ 12 と、このインターリーバ 12 から供給されたシンボル系列 x' に対して、内符号の符号化として、空間的及び時間的な特性が最大伝送ダイバーシチを保証する符号である空間・時間符号化変調を行う内符号化器 13 とを有する符号化部と、内符号化器 13 から供給された複数のストリームのそれぞれに対して拡散変調を施す拡散変調器 14 を有する送信部とを備える。



送信装置の構成ブロック図

【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の要素符号を縦列に接続し、入力されたデータを符号化する符号化装置であって、
入力されたシンボル系列に対して、外符号の符号化として、トレリス符号化、ターボ符号化又はターボ符号化変調を行う外符号符号化手段と、
上記外符号符号化手段から供給されたシンボル系列を構成する各シンボルの順序を並べ替えるインターリーブ手段と、
上記インターリーブ手段から供給されたシンボル系列に対して、内符号の符号化として、空間的及び時間的な特性が最大伝送ダイバーシチを保証する符号である空間・時間符号化変調を行う内符号符号化手段とを備えることを特徴とする符号化装置。

【請求項2】 上記外符号符号化手段は、
符号化変調を行う少なくとも2つの符号化変調手段と、
上記少なくとも2つの符号化手段それぞれからのバイナリ出力を所定のブロック単位でインターリーブする少なくとも2つのブロック・シンボル・インターリーブ手段と、
上記少なくとも2つのブロック・シンボル・インターリーブ手段から出力されたデータに対して所定の変調方式に基づいて信号点のマッピングを行う少なくとも2つのマッピング手段を有することを特徴とする請求項1記載の符号化装置。

【請求項3】 上記マッピング手段は、4相位相変調方式に基づく信号点のマッピングを行うことを特徴とする請求項2記載の符号化装置。

【請求項4】 上記外符号符号化手段は、
入力したデータに対して所定の変調方式に基づいて信号点のマッピングを行うマッピング手段と、
上記マッピング手段からの情報シンボル系列に対して符号化及び所定の変調方式に基づく信号点のマッピングを行う少なくとも2つの符号化及びマッピング手段と、
上記マッピング手段からの情報シンボル系列をシンボル毎にインターリーブするシンボル・インターリーブ手段と、
上記少なくとも2つの符号化及びマッピング手段のそれぞれからの出力シンボルをデインターリーブする少なくとも2つのシンボル・デインターリーブ手段と、
上記少なくとも2つの符号化及びマッピング手段のうちの一方と、上記少なくとも2つのシンボル・デインターリーブ手段のうちの一方とからの出力シンボルを択一的に選択してパンクチャする第1のシンボル選択及びパンクチャ手段と、
上記少なくとも2つの符号化及びマッピング手段のうちの一方と、上記少なくとも2つのシンボル・デインターリーブ手段のうちの他方とからの出力シンボルを択一的に選択してパンクチャする第2のシンボル選択及びパンクチャ手段とを有することを特徴とする請求項1記載の

符号化装置。

【請求項5】 上記マッピング手段、並びに、上記符号化及びマッピング手段は、それぞれ、4相位相変調方式に基づく信号点のマッピングを行うことを特徴とする請求項4記載の符号化装置。

【請求項6】 複数の要素符号を縦列に接続し、入力されたデータを符号化する符号化方法であって、
入力されたシンボル系列に対して、外符号の符号化として、トレリス符号化、ターボ符号化又はターボ符号化変調を行う外符号符号化工程と、
上記外符号符号化工程にて符号化されて得られたシンボル系列を構成する各シンボルの順序を並べ替えるインターリーブ工程と、
上記インターリーブ工程にて並べ替えられたシンボル系列に対して、内符号の符号化として、空間的及び時間的な特性が最大伝送ダイバーシチを保証する符号である空間・時間符号化変調を行う内符号符号化工程とを備えることを特徴とする符号化方法。

【請求項7】 入力されたシンボル系列に対して、外符号の符号化として、トレリス符号化、ターボ符号化又はターボ符号化変調を行う外符号符号化手段と、上記外符号符号化手段から供給されたシンボル系列を構成する各シンボルの順序を並べ替えるインターリーブ手段と、上記インターリーブ手段から供給されたシンボル系列に対して、内符号の符号化として、空間的及び時間的な特性が最大伝送ダイバーシチを保証する符号である空間・時間符号化変調を行う内符号符号化手段とを備える符号化機器によって符号化された符号の復号を行う復号装置であって、
上記内符号符号化手段に対応して備えられ、入力されたデータに対して、最大事後確率復号又は軟出力ビットアルゴリズムに基づく軟出力復号を行う内符号復号手段と、
上記インターリーブ手段によってインターリーブされたシンボル系列の配列を、それぞれ、元のシンボル系列の配列に戻すように、上記内符号復号手段から供給された軟入力シンボル系列にデインターリーブを施すデインターリーブ手段と、
上記外符号符号化手段に対応して備えられ、上記デインターリーブ手段から供給されたシンボル系列に対して、上記最大事後確率復号又はビットアルゴリズムに基づく復号を行う外符号復号手段とを備えることを特徴とする復号装置。

【請求項8】 上記入力されたデータに基づいて付加信頼性情報を生成し、通信路の状態を予測する通信路状態予測手段を備え、

上記外符号復号手段は、上記通信路状態予測手段から供給された上記付加信頼性情報を用いて復号を行うことを特徴とする請求項7記載の復号装置。

【請求項9】 入力されたシンボル系列に対して、外符

号の符号化として、トレリス符号化、ターボ符号化又はターボ符号化変調を行う外符号符号化工程と、上記外符号符号化工程にて符号化されて得られたシンボル系列を構成する各シンボルの順序を並べ替えるインターリーブ工程と、上記インターリーブ工程にて並べ替えられたシンボル系列に対して、内符号の符号化として、空間的及び時間的な特性が最大伝送ダイバーシチを保証する符号である空間・時間符号化変調を行う内符号符号化工程とを備える符号化方法によって符号化された符号の復号を行う復号方法であって、

上記内符号符号化工程に対応して備えられ、入力されたデータに対して、最大事後確率復号又は軟出力ビタビアルゴリズムに基づく軟出力復号を行う内符号復号工程と、

上記インターリーブ工程にてインターリーブされたシンボル系列の配列を、それぞれ、元のシンボル系列の配列に戻すように、上記内符号復号工程にて符号化されて得られた軟入力シンボル系列にデインターリーブを施すデインターリーブ工程と、

上記外符号符号化工程に対応して備えられ、上記デインターリーブ工程にて並べ替えられたシンボル系列に対して、上記最大事後確率復号又はビタビアルゴリズムに基づく復号を行う外符号復号工程とを備えることを特徴とする復号方法。

【請求項 10】 上記入力されたデータに基づいて付加信頼性情報を生成し、通信路の状態を予測する通信路状態予測工程を備え、

上記外符号復号工程では、上記通信路状態予測工程にて生成された上記付加信頼性情報を用いて復号が行われることを特徴とする請求項 9 記載の復号方法。

【請求項 11】 入力されたシンボル系列に対して、外符号の符号化として、トレリス符号化、ターボ符号化又はターボ符号化変調を行う外符号符号化手段と、上記外符号符号化手段から供給されたシンボル系列を構成する各シンボルの順序を並べ替えるインターリーブ手段と、上記インターリーブ手段から供給されたシンボル系列に対して、内符号の符号化として、空間的及び時間的な特性が最大伝送ダイバーシチを保証する符号である空間・時間符号化変調を行う内符号符号化手段とを有する符号化手段と、

上記内符号符号化手段から供給された複数のストリームのそれぞれに対して拡散変調を施す拡散変調手段を有する送信手段とを備えることを特徴とする送信装置。

【請求項 12】 符号分割多重方式を適用していることを特徴とする請求項 11 記載の送信装置。

【請求項 13】 入力されたシンボル系列に対して、外符号の符号化として、トレリス符号化、ターボ符号化又はターボ符号化変調を行う外符号符号化工程と、上記外符号符号化工程にて符号化されて得られたシンボル系列を構成する各シンボルの順序を並べ替えるインターリー

ブ工程と、上記インターリーブ工程にて並べ替えられたシンボル系列に対して、内符号の符号化として、空間的及び時間的な特性が最大伝送ダイバーシチを保証する符号である空間・時間符号化変調を行う内符号符号化工程とを有する符号化工程と、

上記内符号符号化工程にて符号化されて得られた複数のストリームのそれぞれに対して拡散変調を施す拡散変調工程を有する送信工程とを備えることを特徴とする送信方法。

【請求項 14】 入力されたシンボル系列に対して、外符号の符号化として、トレリス符号化、ターボ符号化又はターボ符号化変調を行う外符号符号化手段と、上記外符号符号化手段から供給されたシンボル系列を構成する各シンボルの順序を並べ替えるインターリーブ手段と、上記インターリーブ手段から供給されたシンボル系列に対して、内符号の符号化として、空間的及び時間的な特性が最大伝送ダイバーシチを保証する符号である空間・時間符号化変調を行う内符号符号化手段とを有する符号化手段と、上記内符号符号化手段から供給された複数のストリームのそれぞれに対して拡散変調を施す拡散変調手段を有する送信手段とを備える送信機器によって送信されたデータを受信する受信装置であって、入力されたデータに対して逆拡散を施す逆拡散手段を有する受信部と、

上記内符号符号化手段に対応して備えられ、上記逆拡散手段から供給されたデータに対して、最大事後確率復号又は軟出力ビタビアルゴリズムに基づく軟出力復号を行う内符号復号手段と、上記インターリーブ手段によってインターリーブされたシンボル系列の配列を、それぞれ、元のシンボル系列の配列に戻すように、上記内符号復号手段から供給された軟入力シンボル系列にデインターリーブを施すデインターリーブ手段と、上記外符号符号化手段に対応して備えられ、上記デインターリーブ手段から供給されたシンボル系列に対して、上記最大事後確率復号又はビタビアルゴリズムに基づく復号を行う外符号復号手段とを有する復号手段とを備えることを特徴とする受信装置。

【請求項 15】 上記復号手段は、上記逆拡散手段から供給されたデータに基づいて付加信頼性情報を生成し、通信路の状態を予測する通信路状態予測手段を有し、上記外符号復号手段は、上記通信路状態予測手段から供給された上記付加信頼性情報を用いて復号を行うことを特徴とする請求項 14 記載の受信装置。

【請求項 16】 符号分割多重方式を適用していることを特徴とする請求項 14 記載の受信装置。

【請求項 17】 入力されたシンボル系列に対して、外符号の符号化として、トレリス符号化、ターボ符号化又はターボ符号化変調を行う外符号符号化工程と、上記外符号符号化工程にて符号化されて得られたシンボル系列を構成する各シンボルの順序を並べ替えるインターリー

ブ工程と、上記インターリーブ工程にて並べ替えられたシンボル系列に対して、内符号の符号化として、空間的及び時間的な特性が最大伝送ダイバーシチを保証する符号である空間・時間符号化変調を行う内符号符号化工程とを有する符号化工程と、上記内符号符号化工程にて符号化されて得られた複数のストリームのそれぞれに対して拡散変調を施す拡散変調工程を有する送信工程とを備える送信方法によって送信されたデータを受信する受信方法であって、

入力されたデータに対して逆拡散を施す逆拡散工程を有する受信工程と、

上記内符号符号化工程に対応して備えられ、上記逆拡散工程にて逆拡散が施されたデータに対して、最大事後確率復号又は軟出力ビットアルゴリズムに基づく軟出力復号を行う内符号復号工程と、上記インターリーブ工程にてインターリーブされたシンボル系列の配列を、それぞれ、元のシンボル系列の配列に戻すように、上記内符号復号工程にて符号化されて得られた軟入力ビットのシンボル系列にデインターリーブを施すデインターリーブ工程と、上記外符号符号化工程に対応して備えられ、上記デインターリーブ工程にて並べ替えられたシンボル系列に対して、上記最大事後確率復号又はビットアルゴリズムに基づく復号を行う外符号復号工程とを有する復号工程とを備えることを特徴とする受信方法。

【請求項18】 上記復号工程は、上記逆拡散工程にて逆拡散が施されたデータに基づいて付加信頼性情報を生成し、通信路の状態を予測する通信路状態予測工程を有し、

上記外符号復号工程では、上記通信路状態予測工程にて生成された上記付加信頼性情報を用いて復号が行われることを特徴とする請求項17記載の受信方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、入力されたデータを符号化する符号化装置及び符号化方法、入力されたデータを復号する復号装置及び復号方法、データを外部へと送信する送信装置及び送信方法、並びに、外部からのデータを受信する受信装置及び受信方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、例えば、移動体通信や深宇宙通信といった通信分野、地上波又は衛星デジタル放送といった放送分野、及び記録媒体に対する記録及び／又は再生を行う磁気、光又は光磁気記録分野の研究が著しく進められているが、それにとともに、誤り訂正符号化及び復号の効率化を目的として符号理論の研究も盛んに行われている。そして、近年では、いわゆるシャノン限界に近い性能を示す符号化方法として、C. BerrouらによるU.S. Patent #5,446,747号公報に記載され、ターボ符号化方法と呼ばれる並列接続畳み込み符号(Parallel Concatenated Convolutional Codes; 以下、PCCCと記

す。)による符号化方法や、このPCCCを応用して多値変調と組み合わせたターボ符号化変調(Turbo Trellis Coded Modulation; TTCM)が知られている。

【0003】 ここで、例えばセルラ符号分割多重(Code Division Multiple Access; 以下、CDMAと記す。)方式における高変調フォーマットを考えたとき、2相位相(Binary Phase Shift Keying; 以下、BPSKと記す。)変調方式や4相位相(Quadrature Phase Shift Keying; 以下、QPSKと記す。)変調方式から、「D. J. van Wyk, "Four-dimensional Q2PSK modulation and coding for mobile digital communication", Master's thesis, University of Pretoria, South Africa, April 1996」や「D. J. van Wyk, Emlyn Cilliers and L. P. Linde, "A synchronous Q2PSK DS-CDMA system: System conceptualisation, implementation and performance analysis", in Proceedings of ISSTA '98, (SunCity, South Africa), pp. 18-22, September 1998」に記載されているQ2PSK変調方式のような多次元への応用として、トレリス符号化技術及びターボトレリス符号化技術を用いることは不可欠である。

【0004】 いわゆる符号化変調(Trellis Coded Modulation; 以下、TCMと記す。)は、帯域制限通信路上におけるデジタル伝送のために、符号化と多値変調とを組み合わせた技術として、過去約20年にわたって発展してきているものである。従来からの符号化方式に対するTCMの主な利点は、トレリス符号化を行うものであるということであり、結果として生じるデータ伝送ストラテジーが伝送帯域幅を広げないことにある。そのため、TCMは、パワー及び帯域の双方に有効な符号化方式とされる。TCMは、チャネル上を伝送する信号形態に対応して決定される有限のステート数を有する符号化器と、冗長な非バイナリ変調とを組み合わせて用いる。一方、受信機側では、雑音が重畳された受信値を入力し、例えばいわゆるML-ビットアルゴリズムによる復号や最大事後確率(Maximum A Posteriori probability; 以下、MAPと記す。)復号による軟判定復号を行う復号器を用いて復号が行われる。

【0005】 このようなTCMを適用した場合の性能と符号化しないで変調のみを行った場合の性能とを比較した例として、「G. Ungerboeck, "Channel coding with Multilevel/Phase signals", IEEE Transactions on Information Theory, vol. IT-28, pp. 55-67, January 1982」、「G. Ungerboeck, "Trellis-Coded Modulation with redundant signal sets -Part I: Introduction", IEEE Communications Magazine, vol. 25, pp. 5-11, February 1987」及び「G. Ungerboeck, "Trellis-Coded Modulation with redundant signal sets -Part II: State of the art.", IEEE Communications Magazine, vol. 25, pp. 12-21, February 1987」に記載されているものがある。これらの文献では、ステート数が

“4”である符号化器によるTCMによる性能は、符号化しないで変調のみを行った場合と比較して、付加雑音に対して3dBの改良がみられることが記載されている。さらに、TCMは、より複合されたものを用いることにより、少なくとも6dBもの符号化利得の改善を図ることもできる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述したG. UngerboeckによるTCMは、「G. D. Boudreau, D. D. Falconer and S. A. Mahmoud, “A comparison of trellis coded versus convolutionally coded spread-spectrum multiple-access systems”, IEEE Journal on Selected Areas of Communication, vol. 8, pp. 628-640, May 1990」に記載されているように、CDMA系におけるRAKE受信機を用いたシステムに組み合わされた場合には、標準の畳み込み符号に比べてよい性能特性が得られないことがわかっている。この結果は、いわゆるMFやRAKEのように、符号化利得が増加してMAIレベルに達するようなマルチユーザ環境にて用いられるシングルユーザの受信機にとって注意すべき重要な現象である。

【0007】低符号化率の符号化を用いることへの限界としては、MAIがもはやガウシアンのように観察されないようなレベルにまで拡散が減少されるときに起こる。伝送ダイバーシチングナリングを考えたときには、加法的白色ガウス雑音(Additive White Gaussian Noise: AWGN)チャネルに対して最適化される符号を考慮する必要がある。

【0008】本発明は、このような実情に鑑みてなされたものであり、マルチパスフェージング環境下においても高い性能を発揮することができる符号化装置及び符号化方法、並びに、これらの符号化装置及び符号化方法による符号を復号する復号装置及び復号方法を提供することを目的とする。また、本発明は、これらの符号化装置及び符号化方法を適用した送信装置及び送信方法、並びに、復号装置及び復号方法を適用した受信装置及び受信方法を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】上述した目的を達成する本発明にかかる符号化装置は、複数の要素符号を縦列に接続し、入力されたデータを符号化する符号化装置であって、入力されたシンボル系列に対して、外符号の符号化として、トレリス符号化、ターボ符号化又はターボ符号化変調を行う外符号符号化手段と、この外符号符号化手段から供給されたシンボル系列を構成する各シンボルの順序を並べ替えるインターリーブ手段と、このインターリーブ手段から供給されたシンボル系列に対して、内符号の符号化として、空間的及び時間的な特性が最大伝送ダイバーシチを保証する符号である空間・時間符号化変調を行う内符号符号化手段とを備えることを特徴とし

ている。

【0010】このような本発明にかかる符号化装置は、外符号符号化手段により、トレリス符号化、ターボ符号化又はターボ符号化変調を行い、インターリーブ手段によってシンボル毎のインターリーブを施した後、内符号符号化手段により、空間・時間符号化変調を行う。

【0011】また、上述した目的を達成する本発明にかかる符号化方法は、複数の要素符号を縦列に接続し、入力されたデータを符号化する符号化方法であって、入力されたシンボル系列に対して、外符号の符号化として、トレリス符号化、ターボ符号化又はターボ符号化変調を行う外符号符号化工程と、この外符号符号化工程にて符号化されて得られたシンボル系列を構成する各シンボルの順序を並べ替えるインターリーブ工程と、このインターリーブ工程にて並べ替えられたシンボル系列に対して、内符号の符号化として、空間的及び時間的な特性が最大伝送ダイバーシチを保証する符号である空間・時間符号化変調を行う内符号符号化工程とを備えることを特徴としている。

【0012】このような本発明にかかる符号化方法は、トレリス符号化、ターボ符号化又はターボ符号化変調を行い、シンボル毎のインターリーブを施した後、空間・時間符号化変調を行う。

【0013】さらに、上述した目的を達成する本発明にかかる復号装置は、入力されたシンボル系列に対して、外符号の符号化として、トレリス符号化、ターボ符号化又はターボ符号化変調を行う外符号符号化手段と、この外符号符号化手段から供給されたシンボル系列を構成する各シンボルの順序を並べ替えるインターリーブ手段と、このインターリーブ手段から供給されたシンボル系列に対して、内符号の符号化として、空間的及び時間的な特性が最大伝送ダイバーシチを保証する符号である空間・時間符号化変調を行う内符号符号化手段とを備える符号化機器によって符号化された符号の復号を行う復号装置であって、内符号符号化手段に対応して備えられ、入力されたデータに対して、最大事後確率復号又は軟出力ビットアルゴリズムに基づく軟出力復号を行う内符号復号手段と、インターリーブ手段によってインターリーブされたシンボル系列の配列を、それぞれ、元のシンボル系列の配列に戻すように、内符号復号手段から供給された軟入力値のシンボル系列にデインターリーブを施すデインターリーブ手段と、外符号符号化手段に対応して備えられ、デインターリーブ手段から供給されたシンボル系列に対して、最大事後確率復号又はビットアルゴリズムに基づく復号を行う外符号復号手段とを備えることを特徴としている。

【0014】このような本発明にかかる復号装置は、外符号符号化手段により、トレリス符号化、ターボ符号化又はターボ符号化変調を行い、インターリーブ手段によってシンボル毎のインターリーブを施した後、内符号符

号化手段により、空間・時間符号化変調を行う符号化機器によって符号化されたデータを復号する。

【0015】さらにまた、上述した目的を達成する本発明にかかる復号方法は、入力されたシンボル系列に対して、外符号の符号化として、トレリス符号化、ターボ符号化又はターボ符号化変調を行う外符号符号化工程と、この外符号符号化工程にて符号化されて得られたシンボル系列を構成する各シンボルの順序を並べ替えるインターリーブ工程と、このインターリーブ工程にて並べ替えられたシンボル系列に対して、内符号の符号化として、空間的及び時間的な特性が最大伝送ダイバーシチを保証する符号である空間・時間符号化変調を行う内符号符号化工程とを備える符号化方法によって符号化されたデータの復号を行う復号方法であって、内符号符号化工程に対応して備えられ、入力されたデータに対して、最大事後確率復号又は軟出力ビタビアルゴリズムに基づく軟出力復号を行う内符号復号工程と、インターリーブ工程にてインターリーブされたシンボル系列の配列を、それぞれ、元のシンボル系列の配列に戻すように、内符号復号工程にて符号化されて得られた軟入力データのシンボル系列にデインターリーブを施すデインターリーブ工程と、外符号符号化工程に対応して備えられ、デインターリーブ工程にて並べ替えられたシンボル系列に対して、最大事後確率復号又はビタビアルゴリズムに基づく復号を行う外符号復号工程とを備えることを特徴としている。

【0016】このような本発明にかかる復号方法は、トレリス符号化、ターボ符号化又はターボ符号化変調を行い、シンボル毎のインターリーブを施した後、空間・時間符号化変調を行う符号化方法によって符号化されたデータを復号する。

【0017】また、上述した目的を達成する本発明にかかる送信装置は、入力されたシンボル系列に対して、外符号の符号化として、トレリス符号化、ターボ符号化又はターボ符号化変調を行う外符号符号化手段と、この外符号符号化手段から供給されたシンボル系列を構成する各シンボルの順序を並べ替えるインターリーブ手段と、このインターリーブ手段から供給されたシンボル系列に対して、内符号の符号化として、空間的及び時間的な特性が最大伝送ダイバーシチを保証する符号である空間・時間符号化変調を行う内符号符号化手段とを有する符号化手段と、内符号符号化手段から供給された複数のストリームのそれぞれに対して拡散変調を施す拡散変調手段とを有する送信手段とを備えることを特徴としている。

【0018】このような本発明にかかる送信装置は、外符号符号化手段により、トレリス符号化、ターボ符号化又はターボ符号化変調を行い、インターリーブ手段によってシンボル毎のインターリーブを施した後、内符号符号化手段により、空間・時間符号化変調を行い、さらに、拡散変調手段により、複数のストリームのそれぞれに対して拡散変調を施して外部へと送信する。

【0019】さらに、上述した目的を達成する本発明にかかる送信方法は、入力されたシンボル系列に対して、外符号の符号化として、トレリス符号化、ターボ符号化又はターボ符号化変調を行う外符号符号化工程と、この外符号符号化工程にて符号化されて得られたシンボル系列を構成する各シンボルの順序を並べ替えるインターリーブ工程と、このインターリーブ工程にて並べ替えられたシンボル系列に対して、内符号の符号化として、空間的及び時間的な特性が最大伝送ダイバーシチを保証する符号である空間・時間符号化変調を行う内符号符号化工程とを有する符号化工程と、内符号符号化工程にて符号化されて得られた複数のストリームのそれぞれに対して拡散変調を施す拡散変調工程を有する送信工程とを備えることを特徴としている。

【0020】このような本発明にかかる送信方法は、トレリス符号化、ターボ符号化又はターボ符号化変調を行い、シンボル毎のインターリーブを施した後、空間・時間符号化変調を行い、さらに、複数のストリームのそれぞれに対して拡散変調を施して外部へと送信する。

【0021】さらにまた、上述した目的を達成する本発明にかかる受信装置は、入力されたシンボル系列に対して、外符号の符号化として、トレリス符号化、ターボ符号化又はターボ符号化変調を行う外符号符号化手段と、この外符号符号化手段から供給されたシンボル系列を構成する各シンボルの順序を並べ替えるインターリーブ手段と、このインターリーブ手段から供給されたシンボル系列に対して、内符号の符号化として、空間的及び時間的な特性が最大伝送ダイバーシチを保証する符号である空間・時間符号化変調を行う内符号符号化手段とを有する符号化手段と、内符号符号化手段から供給された複数のストリームのそれぞれに対して拡散変調を施す拡散変調手段とを有する送信手段とを備える送信機器によって送信されたデータを受信する受信装置であって、入力されたデータに対して逆拡散を施す逆拡散手段とを有する受信部と、内符号符号化手段に対応して備えられ、逆拡散手段から供給されたデータに対して、最大事後確率復号又は軟出力ビタビアルゴリズムに基づく軟出力復号を行う内符号復号手段と、インターリーブ手段によってインターリーブされたシンボル系列の配列を、それぞれ、元のシンボル系列の配列に戻すように、内符号復号手段から供給された軟入力データのシンボル系列にデインターリーブを施すデインターリーブ手段と、外符号符号化手段に対応して備えられ、デインターリーブ手段から供給されたシンボル系列に対して、最大事後確率復号又はビタビアルゴリズムに基づく復号を行う外符号復号手段とを有する復号手段とを備えることを特徴としている。

【0022】このような本発明にかかる受信装置は、外符号符号化手段により、トレリス符号化、ターボ符号化又はターボ符号化変調を行い、インターリーブ手段によってシンボル毎のインターリーブを施した後、内符号符

号化手段により、空間・時間符号化変調を行い、さらに、拡散変調手段により、複数のストリームのそれぞれに対して拡散変調を施す送信機器によって送信されたデータを受信する。

【0023】また、上述した目的を達成する本発明にかかる受信方法は、入力されたシンボル系列に対して、外符号の符号化として、トレリス符号化、ターボ符号化又はターボ符号化変調を行う外符号符号化工程と、この外符号符号化工程にて符号化されて得られたシンボル系列を構成する各シンボルの順序を並べ替えるインターリーブ工程と、このインターリーブ工程にて並べ替えられたシンボル系列に対して、内符号の符号化として、空間的及び時間的な特性が最大伝送ダイバーシチを保證する符号である空間・時間符号化変調を行う内符号符号化工程とを有する符号化工程と、この内符号符号化工程にて符号化されて得られた複数のストリームのそれぞれに対して拡散変調を施す拡散変調工程を有する送信工程とを備える送信方法によって送信されたデータを受信する受信方法であって、入力されたデータに対して逆拡散を施す逆拡散工程を有する受信工程と、内符号符号化工程に対応して備えられ、逆拡散工程にて逆拡散が施されたデータに対して、最大事後確率復号又は軟出力ビタビアルゴリズムに基づく軟出力復号を行う内符号復号工程と、インターリーブ工程にてインターリーブされたシンボル系列の配列を、それぞれ、元のシンボル系列の配列に戻すように、内符号復号工程にて符号化されて得られた軟入力力のシンボル系列にデインターリーブを施すデインターリーブ工程と、外符号符号化工程に対応して備えられ、デインターリーブ工程にて並べ替えられたシンボル系列に対して、最大事後確率復号又はビタビアルゴリズムに基づく復号を行う外符号復号工程とを有する復号工程とを備えることを特徴としている。

【0024】このような本発明にかかる受信方法は、トレリス符号化、ターボ符号化又はターボ符号化変調を行い、シンボル毎のインターリーブを施した後、空間・時間符号化変調を行い、さらに、複数のストリームのそれぞれに対して拡散変調を施す送信方法によって送信されたデータを受信する。

【0025】

【発明の実施の形態】以下、本発明を適用した具体的な実施の形態について図面を参照しながら詳細に説明する。

【0026】この実施の形態は、図1に示すように、デジタル情報を送信装置1が備える符号化部により符号化して、その出力を例えば無線等によって雑音のある通信路2を介して受信装置3に対して送信し、この受信装置3が備える復号部により復号する通信モデルに適用したデータ送受信システムである。

【0027】このデータ送受信システムにおいて、送信装置1における符号化部は、複数の要素符号化器をイン

ターリーバを介して縦列に接続して構成されるものであり、外符号として、畳み込み符号化等のトレリス符号や、並列接続畳み込み符号 (Parallel Concatenated Convolutional Codes: PCCC)、すなわち、ターボ符号や、ターボ符号化変調 (Turbo Trellis Coded Modulation; 以下、TTCMと記す。)) を用い、内符号として、空間的及び時間的な特性が最大伝送ダイバーシチを保證する符号である空間・時間符号化変調 (Space-Time Coded Modulation; 以下、STCMと記す。)) を用いるものである。このデータ送受信システムは、例えば、乗物等による移動をとともう通信、屋内での通信、都市部での通信といったマルチパスフェージング環境下においても高い性能を発揮することができるものである。

【0028】まず、送信装置1及び受信装置3の概要について説明する。

【0029】符号分割多重 (Code Division Multiple Access; 以下、CDMAと記す。)) 方式を適用したシステムにおける送信装置1は、図2に示すように、符号化部と、送信部とに大別されて構成される。符号化部は、外符号の符号化を行う外符号化器11と、入力したデータの順序を並べ替えるインターリーブ12と、内符号の符号化を行う内符号化器13とを備え、送信部は、拡散変調を行う拡散変調器14と、データを外部へと送信する送信アンテナ15、16とを備える。

【0030】符号化部における外符号化器11は、シンボル系列 b を入力し、詳細は後述するが、例えば、畳み込み符号等のトレリス符号、ターボ符号又はTTCM等による符号化を行う。外符号化器11は、符号化して得られたシンボル系列 $x = \dots, x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ を後段のインターリーブ12に供給する。この外符号化器11から出力されたシンボル系列 x は、伝送によって生じる誤りに対する誤り検出及び誤り訂正を可能とするものであり、非常に制御された構造を有するものである。

【0031】インターリーブ12は、シンボル系列 x を入力し、このシンボル系列 x を構成する各シンボルの順序を所定の置換位置情報に基づいて並べ替え、シンボル系列 x' として後段の内符号化器13に供給する。

【0032】なお、データ送受信システムにおいては、送信装置1がインターリーブ12を備えるとともに、後述する受信装置3がデインターリーブを備えることにより、受信装置3におけるデインターリーブから出力されるシンボル系列を通して、通信路2上で生じる雑音等に起因する誤りをランダム分配することができる。そのため、データ送受信システムにおいては、通信路2上で加法的白色ガウス雑音 (Additive White Gaussian Noise; AWGN) が加えられた場合に最適な特性を示す符号化を実現することができ、さらに逆MAI (adverse MAI) やマルチパス・フェージング下でも、有効に作用する符号化を実現することができる。

【0033】STCMによる符号化を行う内符号化器13は、受信ダイバーシチを含めるために選択している間、組み合わせられた空間的及び時間的な特性が最大伝送ダイバーシチを保证するような方法によって設計される。内符号化器13は、インターリーバ12から供給されるシンボル系列 x' を入力してSTCMによる符号化を行い、得られたシンボル系列をMTストリームに分割し、後段の送信部に供給する。

【0034】送信部における拡散変調器14は、符号化部における内符号化器13から供給されるMTストリームの数に対応する乗算器を有する。なお、図2においては、内符号化器13から供給される2本のストリームが出力され、拡散変調器14が2つの乗算器を有するものとして示している。拡散変調器14は、これらの複数のストリームのそれぞれに対して、図示しない拡散符号系列発生器から供給される拡散符号系列を独立に乗積することにより、拡散変調を施す。拡散変調器14によって拡散変調された複数のストリームは、それぞれ、図示しないRF(Radio Frequency)変調器によって変調された後、送信アンテナ15、16を介して外部に送信される。

【0035】このような送信装置1は、外符号化器11、インターリーバ12及び内符号化器13を接続した符号化部によって符号化されたデータを、送信部における拡散変調器14によって拡散変調し、外部に送信する。この送信装置1によって送信されたデータは、通信路2を介して受信装置3に供給される。符号又は時分割伝送ダイバーシチ方式は、データ変調、拡散変調、トレリス符号化及び空間・時間符号化された伝送ダイバーシチ方式の組み合わせに基づくシグナリング波形を生成する。

【0036】一方、受信装置3は、図3に示すように、送信装置1に対応して、受信部と、復号部とに大別されて構成される。受信部は、外部から送信されてきたデータを受信する受信アンテナ31と、逆拡散を行う逆拡散器32とを備え、復号部は、送信装置1における内符号化器13に対応する内符号復号器33と、入力したデータの順序を元に戻すデインターリーバ34と、送信装置1における外符号化器11に対応する外符号復号器35と、通信路2の状態を予測する通信路状態予測器36とを備える。

【0037】受信部における逆拡散器32は、送信装置1における拡散変調器14と同様に乗算器を有し、受信アンテナ31によって受信され、図示しないRF復調器によって復調されたデータに対して、拡散変調器14における上述した拡散符号系列発生器から供給される拡散符号系列と同様の拡散符号系列を乗積することにより、逆拡散を施す。ここで、受信アンテナ31によって受信された信号は、 $K \times MT$ の伝送された直行信号の線形重畳であることから、逆拡散器32は、対象のユーザに関

連するMTストリームに関して、チップ波形マッチングを実行する。この逆拡散操作は、いかなるスペクトラム拡散システムについての鍵関数であって、正確な同期情報が利用できる場合のみ、達成され得るものである。ここでは、完全な拡散波形同期、キャリア再生、シンボル及びフレーム同期が仮定されている。チャネル予測は、分離されたパス毎に行われ、多重送信アンテナから各ストリームを分離するために、いわゆるRAKE結合器によってアシストされたパイロットシンボルの中で用いられる。逆拡散器32によって逆拡散されたストリームは、RAKE結合された後、後段の復号部に供給される。

【0038】復号部における内符号復号器33は、送信装置1における内符号化器13に対応して備えられるものである。内符号復号器33は、受信部から供給されたデータに対して、最大事後確率(Maximum A Posteriori probability; 以下、MAPと記す。)復号や軟出力ビタビアルゴリズム(Soft-Output Viterbi Algorithm; SOVA)に基づく軟出力復号を行う。内符号復号器33は、復号して得られたシンボル系列 y' を後段のデインターリーバ34に軟出力として供給する。なお、このシンボル系列 y' は、送信装置1におけるインターリーバ12によってインターリーブされたシンボル系列 x' に対応するものである。

【0039】デインターリーバ34は、送信装置1におけるインターリーバ12によってインターリーブされたシンボル系列 x' の配列を、それぞれ、元のシンボル系列 x の配列に戻すように、内符号復号器33から供給される軟入力のシンボル系列 y' にデインターリーブを施す。デインターリーバ34は、デインターリーブして得られたシンボル系列 y を後段の外符号復号器35に供給する。なお、このシンボル系列 y は、送信装置1におけるインターリーバ12に入力されるシンボル系列 x に対応するものである。

【0040】外符号復号器35は、送信装置1における外符号化器11に対応して備えられるものである。外符号復号器35は、後述する通信路状態予測器36から供給される付加信頼性情報を用いて、デインターリーバ34から供給されたシンボル系列 y に対して、MAP復号やビタビアルゴリズムに基づく復号を行う。外符号復号器35は、復号して得られたシンボル系列 b' を出力する。

【0041】通信路状態予測器36は、外符号復号器35における復号処理をアシストするために備えられるものである。通信路状態予測器36は、受信部から供給されたデータに基づいて付加信頼性情報 $z = z_1, z_2, z_3, \dots$ を生成し、外符号復号器35に供給する。なお、付加信頼性情報 z_j は、いわゆるCSIを測定することによって得られる実数値である。

【0042】このような受信装置3は、送信装置1から

通信路2を介して送信されてきたデータを受信部における逆拡散器32によって逆拡散し、得られたデータを内符号復号器33、デインターリーバ34及び外符号復号器35を接続した復号部によって復号する。

【0043】データ送受信システムにおいては、空間・時間ダイバーシチチャンネルは、チャンネル入力系列が

$$p(y|x, z) = \prod_{i=1}^n p(y_i | x_i, z_i) \quad \dots (1)$$

【0045】上式(1)において、 $p(y_i | x_i, z_i)$ は、チャンネル i に関して、入力系列が“ x_i ”であり且つ“ z_i ”がCSIである場合に、復調された出力系列が“ y_i ”である確率を示している。

【0046】確率 $p(y_i | x_i, z_i)$ は、データ変調又は復調の解析や伝送ダイバーシチを含む波形チャンネルによって求められる。復調器の出力が連続的である場合には、上式(1)に示す確率は、連続的な確率密度関数によって置換される。データ送受信システムにおいては、上式(1)を用いてチャンネルを特徴付けることにより、前方向誤り訂正(Forward Error Correction: FEC)の解析から波形チャンネルの解析を切り離すことを可

$$\frac{E_{p_{ACTD}}(X, Y) - E_{p_{OPT}}(X, Y)}{E_{p_{ACTD}}(X, Y)} \quad \dots (2)$$

【0050】

$$\frac{E_{p_{ACTD}}(X, Y) - E_{p_{DTD}}(X, Y)}{E_{p_{ACTD}}(X, Y)} \quad \dots (3)$$

【0051】このことは、いわゆるAlamouti方式と他の2つの方式との性能の違いが、より長い最小ユークリッド距離を有するより強力な外符号を用いることによって減少することを示す。この目的にともなって、STCM伝送ダイバーシチにおいて、外符号としてTCM及びTTCMの使用が提案される。

【0052】AWGNチャンネルに対する良好なTCM方式の設計についての適切な基準は、符号系列についてのいかなる2つの異なる情報系列間における最小ユークリッド距離が最大化されることである。例えば、「D. Divsalar and M. K. Simon, “The design of Trellis Coded MPSK for fading channels: Performance Criteria”, IEEE Transactions on Communications, vol. 36, pp. 1004-1012, September 1988」や「D. Divsalar and M. K. Simon, “The design of Trellis Coded MPSK for fading channels: Set Partitioning for optimum code design”, IEEE Transactions on Communications, vol. 36, pp. 1013-1021, September 1988」等に記載されているように、フェージングチャンネル上でのTCM方式の誤り率性能は、誤りを起こすパス(error event path)のうち、有効的又は最短のパス L_{min} と、誤りを

“ x ”であり且つ“ z ”がCSIである場合に、チャンネル出力系列が“ y ”である確率により、完全に特徴付けられる。すなわち、チャンネルは、次式(1)によって完全に特徴付けられる。

【0044】

【数1】

能とする。

【0047】さて、以下では、送信装置1における外符号化器11について詳細に説明していく。

【0048】送信装置1においては、外符号化器11として、一般的な畳み込み符号化器やターボ符号化器を用いることが率直に考えられ、上述したように、容易に実装することができる。ここで、内符号について、 P が増加するのにもともなって平均的に次式(2)及び次式(3)に示す比が減少することに着目する。

【0049】

【数2】

【数3】

起こすパスに沿った最小積距離(the minimum product distance) λ_L とによって強く影響される。これらのパラメータは、最小ユークリッド距離よりも重要な役割を果たす。このことから、フェージングチャンネル上での優れた性能を達成するために、いわゆるMTCM(Multiple Trellis Coded Modulation)が設計され、復号複雑度及びスループットが同一である一般的なTCM方式によって達成され得る状況と比較されている。

【0053】一般的なMTCM技術を用いるTCMにおける外符号の設計については、帰納的なアプローチが採用される。後述するアプローチの利点は、マルチレベル、多次元及び非対称符号化変調方式の設計を含むこれらのSTCMシステムに関する統一された設計手順を提供することである。「V. Tarokh, N. Seshadri and A. R. Calderbank, “Space-time codes for high data rate wireless communication: Performance criterion and code construction”, IEEE Transactions on Information Theory, vol. 44, pp. 744-765, March 1998」において、Tarokhらは、時分割多重(Time Division Multiple Access: TDMA)方式を適用したSTCMシステムに関して、ランク及び行列式基準(the Rank and D

eterminant criteria) と称される2つの設計基準を提案している。ここでは、この2つの設計基準が、MTCM符号構造によって緊密に関係付けられるように修正される。この洞察を用いて、「D. J. van Wk, I. J. Oppermann, E. Pretorius and P. G. W. van Rooyen, "On the construction of layered space-time coded modulation STCM codes employing MTCM code design techniques", in IEEE VTC'99: Vehicular Technology Conference, (Amsterdam, The Netherlands), pp. 2969-2973, September 1999」においては、STCMシステムの層状2乗ユークリッド距離 (the layered squared Euclidean distance) 及び層状2乗ユークリッド距離積 (the layered squared Euclidean distance product) が定義されている。

【0054】最も一般的には、MTCMは、 b ビットのバイナリ入力とともに、各送信間隔において $k \times QPSK$ シンボル ($QPSK$: 4 相位相 (Quadrature Phase Shift Keying)) にマッピングされる s ビットのバイナリ出力を行う符号化器によって実装される。図4に送信装置1における外符号化器11として提案されるMTCM符号化器41を示す。ここで、パラメータ k は、符号の多重性 (multiplicity) と称されるものであり、トレリスにおいて各枝毎に割り当てられた $QPSK$ シンボル数を表現するものである。なお、 $k=1$ は、一般的なTCMに相当する。

【0055】MTCM符号化器41は、図4に示すように、例えば2つのTCM符号化器42、43と、これらのTCM符号化器42、43からの s ビットのバイナリ出力を所定のブロック単位でインターリーブする2つのブロック・シンボル・インターリーバ44、45と、これらのブロック・シンボル・インターリーバ44、45から出力されたデータに対して $QPSK$ 変調方式に基づいて信号点のマッピングを行う2つの $QPSK$ マッピング器46、47とを有する。

【0056】MTCM符号化器41は、 b ビットのバイナリ入力を分割してTCM符号化器42、43のそれぞれに供給し、これらのTCM符号化器42、43のそれぞれによって符号化する。MTCM符号化器41は、TCM符号化器42、43のそれぞれによって符号化して得られた s ビットのバイナリ出力を、ブロック・シンボル・インターリーバ44、45のそれぞれによってシンボル m_1, m_2, \dots, m_k を含む k 個のグループに区切りインターリーブする。そして、MTCM符号化器41は、ブロック・シンボル・インターリーバ44、45のそれぞれによってインターリーブして得られた各グループを、 $QPSK$ マッピング器46、47のそれぞれによって信号点のマッピングを行い、 $QPSK$ シンボルを出力する。この $QPSK$ シンボルは、内符号化器13に供給される。

【0057】ここで、例えば各枝毎に1シンボルとする

一般的なトレリス符号化においては、誤りを起こす最短のパスの長さ L_{min} が当該パスに沿ったトレリス上の枝数に等しいという事実を考える。パラレルパスが存在するトレリスは、 $L_{min}=1$ となる1本の枝についての誤りを起こす最短のパスを有するために拘束される。これは、「E. Biglieri, D. Divsalar, P. J. McLane and M. K. Simon, "Introduction to Trellis-Coded Modulation with Applications", Macmillan, 1991」に記載されているように、 $E_s' = E_s$ であることから、平均BERのグラフの漸近領域が E_s' / N_0 又は E_s / N_0 にもなつて線形的に逆変化することを意味する。したがって、誤り確率の観点から、それらのトレリスにおいてパラレルパスを有するために一般的なTCM符号を設計することは望ましくない。なお、同文献においては、“ E_s' ” は、実際には“ $'$ ”の代わりに上線が付されて示されている。

【0058】送信装置1における外符号化器11としてMTCM符号化器41を用いるアプローチとしては、空間・時間符号をとまなう設計に適用するときには、パラレルパスが存在するトレリス設計の選択を考える必要がある。このことは、より高い有効符号長又は誤りを起こすパスの選択において、より順応したものを提供することになる。この後の理由は、たとえトレリスにパラレルパスが存在しても、長さが $L_{min}=1$ である誤りを起こすパスと関連付けられた非零のユークリッド距離をとまなう1つ以上の符号化されたシンボルを有することは可能であるという事実の下に存在する。

【0059】空間・時間符号の設計においては、「E. Biglieri, D. Divsalar, P. J. McLane and M. K. Simon, "Introduction to Trellis-Coded Modulation with Applications", Macmillan, 1991」に記載されているものに類似する手順、すなわち、“Ungerboeck”として知られている“From Root-to-Leaf”アプローチを追跡している。集合分割法としては、「G. Ungerboeck, "Channel coding with Multilevel/Phase signals", IEEE Transactions on Information Theory, vol. IT-28, p. 55-67, January 1982」に記載されている一般的なトレリス符号に対するUngerboeckのオリジナルの集合分割法から見出した集合の k 倍デカルト積を利用する。集合分割手順は、完全な $QPSK$ 信号集合の k 倍デカルト積から始められる。

【0060】上述した多重性因子 (multiplicity factor) k は、空間・時間符号の設計手順において最も重要なパラメータである。一般に、設計基準は、チャネルパラメータの関数としての多重性因子 k の選択においていかなる直接の考察も含まないものである。「D. J. van Wyk, M. P. Lotter, L. P. Linde and P. G. W. van Rooyen, "A multiple trellis coded Q2PSK system for wireless local loop", in PIMRC'97: International Symposium on Personal Indoor and Mobile Radio Commu

nications, (Helsinki, Finland), pp. 624-628, September 1997」において、フェージングチャネルに対する MTCM 符号についての一般的な設計基準が、バースト誤り長の解析を含むことによってどのように増大されるのかが示されている。データ送受信システム、すなわち、空間・時間伝送システムに関して、この k の選択は、有効送信アンテナ n_T の数によって自然に決定される。

【0061】ここで、Ungerboeck の集合分割法について説明する。なお、デカルト積の演算子を、“#”と表すものとする。

【0062】集合分割法においては、 $M_T = 2$ の符号設計を考慮した場合には、まず第一の手順として、 $A_0 \# B_i$ を $i = 0, 1, \dots, M_C - 1$ とする順序付けられたデカルト積 $\{A_0 \# B_i\}$ によって定義される M_C シグナル集合に分割する。 B_i の第 2 の要素 $\{j_2\}$ は、 M_C を法とする $n_j + i$ によって定義される。空間・時間マッピングに関しては、上述した層状 2 乗ユークリッド距離と称される新規の設計パラメータを定義することが適切である。特に、 $k = 2$ 個の要素からなる集合のいかな

$$\left\{ \begin{array}{l} A_0 \# B_0 = \begin{bmatrix} 00 & 11 \\ 22 & 33 \end{bmatrix} \\ A_0 \# B_1 = \begin{bmatrix} 01 & 12 \\ 23 & 30 \end{bmatrix} \\ A_0 \# B_2 = \begin{bmatrix} 02 & 13 \\ 20 & 31 \end{bmatrix} \\ A_0 \# B_3 = \begin{bmatrix} 03 & 10 \\ 21 & 32 \end{bmatrix} \end{array} \right.$$

【0064】ただし、各集合は、 $4E_b$ の最小イントラ距離を有する点に注目すべきである。これらの集合についてのインター距離 (inter-distance)、すなわち、異なる集合からの 2 個の要素からなる集合の対間の最小距離は、次表 1 に示すように要約される。なお、次表 1 に

部分集合	距離	部分集合	距離
$A_0 \# B_0$	—	$A_0 \# B_1$	$4E_b$
$A_0 \# B_2$	$8E_b$	$A_0 \# B_3$	$4E_b$

【0066】集合分割法においては、次の手順として、 M 個の集合 $A_0 \# B_i$ のそれぞれを、2 つの集合 $C_0 \# D_{i0}$ 、 $C_0 \# D_{i1}$ に分割する。集合 $C_0 \# D_{i0}$ は、偶数の要素 ($j = 0, 2, \dots, M-2$) を含むものであり、集合 $C_0 \# D_{i1}$ は、奇数の要素 ($j = 1, 3, \dots,$

る対の間における層状 2 乗ユークリッド距離は、2 個の要素からなる集合に対応するシンボル間距離の和であることから、集合分割は、 $A_0 \# B_i$ が同一である全区画のイントラ距離 (intra-distance)、すなわち、特定集合又は区画の範囲内の対間距離を保証する。さらに、復号するトレリス上にパラレルパスが存在する可能性の結果、層状 2 乗ユークリッド距離の最小積は、最大とならなければならない。このパラメータは、上述した層状 2 乗ユークリッド距離積と称され、 $\prod d_{ij}^2$ で与えられる。したがって、2 個の要素からなる集合の全ての対における最小の層状 2 乗ユークリッド距離積は、 $A_0 \# B_0$ を生成するために、最大とならなければならない。これは、奇数整数乗算器 n の選択によってなされ、それが要求された最大最小 (maxmin) 解を生じる。 n についてのあり得る値を計算した結果、 $n = 1$ であるという解を示した。QPSK 変調方式における $M_T = k = 2$ についての集合 $A_0 \# B_i$ ($i = 1, \dots, M$) は、次式 (4) で表される。

【0063】

【数 4】

... (4)

においては、 $A_0 \# B_0$ を参照とした場合における分割された部分集合間のインター距離を示している。

【0065】

【表 1】

$M-1$) を含むものである。この手順を用いて生成される集合 $C_0 \# D_{ij}$ は、次式 (5) で表される。

【0067】

【数 5】

$$\left\{ \begin{array}{l} C_0 \# D_{00} = C_0 \# D_{20} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 2 & 2 \end{bmatrix} \\ C_0 \# D_{01} = C_0 \# D_{21} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 3 & 3 \end{bmatrix} \\ C_0 \# D_{10} = C_0 \# D_{30} = \begin{bmatrix} 0 & 2 \\ 2 & 0 \end{bmatrix} \\ C_0 \# D_{11} = C_0 \# D_{31} = \begin{bmatrix} 1 & 3 \\ 3 & 1 \end{bmatrix} \end{array} \right. \quad \dots (5)$$

【0068】ここで、各集合が $8E_b$ の最小のイントラ距離を有するとともに、これらの集合についてのイントラ距離が $8E_b$ であることに注目すべきである。

【0069】送信装置1及び受信装置3においては、符号化器及び復号器の構成は、容易にトレリスから得ることができる。出力チャネル信号は、解析的に記述されたトレリス符号について無関係な出力符号ビットの中間手順で、入力ビットのスライディングブロックに関して直接的に表現される。

【0070】多重性因子が $M_T = k = 2$ である符号化率が“2/4”の空間・時間トレリス符号の実現が考えられる。したがって、2つのQPSKシンボルは、符号化器によって受け入れられた2ビット毎に、通信路2を介して伝送される。この符号化システムにおける入出力/状態接続図(input/output/state connection diagram)は、状態数が“2”の場合には、図5(A)に示すようになり、状態数が“4”の場合には、図5(B)に示すようになる。これは、ソース変数($b_1, b_2, b_3(1), b_4(1), b_3(2), b_4(2)$)のスライディングブロックを定義する。ここで、 $z = 1, 2$ とする出力ビット($b_3(z), b_4(z)$)は、図示しない変調器によってQPSKシンボルにマッピングされることに注目すべきである。

【0071】濃度が“2”の場合における半接続された符号化率が“2/4”の空間・時間符号の構造は、状態数が“2”の場合には、図6(A)に示すようになり、状態数が“4”の場合には、図6(B)に示すようになる。各状態に結合する枝数、すなわち、節点から発出している又は節点に到達している枝数は、 $2 = 4$ 本となる。

【0072】さて、上述した議論から、帯域幅に有効なMTCMを空間・時間・ターボ符号の考え及び概念と組み合わせることが考えられる。「P. Robertson, “Code d modulation scheme employing turbo codes”, Electronics Letters, vol. 31, no. 18, pp. 1546-1547, 1995」や「P. Robertson and T. Woz, “A novel bandwidth efficient coding scheme employing turbo code s”, in ICC'96: International Conference on Communications, (Dallas, Texas, USA), pp. 962-967, June 1996」において、Robertsonは、TCMとターボ符号との

2つの考えを組み合わせるとTCMとしたストレート・フォワード・アプローチ(a straight forward approach)を提示している。ここでは、後者の概念は、STCM伝送ダイバーシチシナリオにおける外符号として、ターボMTCM(以下、T-MTCMと記す。)に拡張される。

【0073】図7に修正されたT-MTCM符号化器51を示す。このT-MTCM符号化器51と、バイナリ空間・時間・ターボ符号方式との間の主な違いは、T-MTCM符号化器51がビット上ではなく(多重)シンボル上で動作することである。

【0074】T-MTCM符号化器51は、入力したデータに対してQPSK変調方式に基づいて信号点のマッピングを行うQPSKマッピング器52と、このQPSKマッピング器52からの情報シンボル系列に対して符号化及びQPSK変調方式に基づく信号点のマッピングを行う2つのMTCM符号化器及びQPSKマッピング器53, 55と、QPSKマッピング器52からの情報シンボル系列をシンボル毎にインターリーブするシンボル・インターリーバ54と、MTCM符号化器及びQPSKマッピング器55からの出力シンボルをデインターリーブする2つのシンボル・デインターリーバ56, 57と、MTCM符号化器及びQPSKマッピング器53とシンボル・デインターリーバ56とからの出力シンボルを択一的に選択してパンクチャするシンボルセクタ及びパンクチャ器58と、MTCM符号化器及びQPSKマッピング器53とシンボル・デインターリーバ57とからの出力シンボルを択一的に選択してパンクチャするシンボルセクタ及びパンクチャ器59とを有する。

【0075】T-MTCM符号化器51は、bビットのデータを入力し、QPSKマッピング器52によって1度にbビットの情報からなる各シンボルによる N_{tc} 情報シンボルのブロックを生成する。情報シンボル系列は、符号化率が“b/s”のMTCM符号化器及びQPSKマッピング器53, 55のそれぞれにより直接的に処理されるとともに、シンボルワイズ・インターリーブを施すシンボル・インターリーバ54によって直接的に処理される。

【0076】MTCM符号化器及びQPSKマッピング器53, 55は、それぞれ、上述したMTCM符号化器

と同様の設計の下に符号化を行う。そして、MTCM符号化器及びQPSKマッピング器53, 55は、それぞれ、符号語を2次元のシンボル平面に直ちにマッピングする。これらのMTCM符号化器及びQPSKマッピング器53, 55からの出力シンボルは、異なる送信アンテナから伝送されるシンボルストリームを形成するために、後段のシンボルセクタ及びバンクチャ器58, 59によって交互にバンクチャされる。

【0077】ここで、図7から、MTCM符号化器及びQPSKマッピング器55からの出力シンボルに対するバンクチャ処理は、符号シンボルの組織部分の元々の順序の配列に戻すために、シンボル・デインターリーブ56, 57の後段で行われる点に注目すべきである。この手順は、各情報シンボルが伝送シンボルの1つのみに含まれることを確実にするとともに、パリティビットがMTCM符号化器及びQPSKマッピング器53, 55の双方から交互に選択されることを確実にする。したがって、最終的に出力される符号は、組織的なものとみなされる。

【0078】T-MTCM符号化器51においては、インターリーブ処理及びデインターリーブ処理として、1つの例外を除いては、バイナリターボ符号化方式に類似して実行されるべきである。この例外とは、T-MTCMの場合には、入力系列がビット毎ではなくシンボル毎にインターリーブ及びデインターリーブされる必要があるということである。そこで、T-MTCM符号化器51は、シンボル・インターリーブ54及びシンボル・デインターリーブ56, 57を有することにより、シンボル毎のインターリーブ処理及びデインターリーブ処理を実現する。T-MTCM符号化器51においては、インターリーブ処理及びデインターリーブ処理に関する他の全ての特性はバイナリターボ符号化方式と同一であり、特に、上述したように、MTCM符号化器及びQPSKマッピング器53, 55からの出力シンボルのバンクチャパターンにしたがって、副次的にインターリーブすることはバイナリターボ符号化方式と同一である。後者は、パリティビットがシンボル・インターリーブ54及びシンボル・デインターリーブ56, 57の組み合わせに対して一様に分布されることを確実にする。

【0079】また、T-MTCM符号化器51においては、QPSKマッピング器52及びMTCM符号化器及びQPSKマッピング器53, 55におけるマッピング処理として、通常のTCMの場合と全く同様の動作を行い、集合分割されたフェーザ (phasors) に対して、非バイナリ符号シンボルを割り当てる。

【0080】さらに、T-MTCM符号化器51においては、シンボルセクタ及びバンクチャ器58, 59におけるバンクチャ処理として、MTCM符号化器及びQPSKマッピング器53, 55からの出力シンボルが交互に選択されるようにバンクチャされる。より具体的に

は、シンボルセクタ及びバンクチャ器58は、MTCM符号化器及びQPSKマッピング器53からの出力シンボルと、シンボル・デインターリーブ56からの出力シンボルとを交互に選択してバンクチャを行い、シンボルセクタ及びバンクチャ器59は、MTCM符号化器及びQPSKマッピング器53からの出力シンボルと、シンボル・デインターリーブ57からの出力シンボルとを交互に選択してバンクチャを行う。T-MTCM符号化器51においては、異なるバンクチャパターンを適用することにより、あらゆる符号化率を実現することができる。

【0081】このようなT-MTCM符号化器51に対応する受信装置3における外符号復号器35は、例えば2つの復号器を用いていわゆる繰返し復号を行うものとして構成される。外符号復号器35は、一方の復号器から他方の復号器へと供給される情報の性質と、最初の復号処理の扱いとが異なる点を除いては、バイナリターボ復号器と類似する。これは、バイナリの場合と相違しないが、同じ変調シンボルにおいて組織情報がパリティ情報とともに伝送されることによる。したがって、組織成分 (systematic component) は、外部成分 (extrinsic component) から分離されることができない。そしてまた、外符号復号器35は、ビット毎ではなくシンボル毎に処理を行う。

【0082】バイナリターボ復号器において、繰返し復号を行う複数の復号器間の情報の受け渡しは、全ての他の入力に依存して、各情報ビットに対する3つの付加的な部分に分けられる。すなわち、各復号器間の情報の受け渡しは、各ビットについて受信した組織成分の値に対応する内部 (intrinsic) 又は組織成分がかかわること、事前確率情報 (a priori probability information) が他方の復号器から与えられること、及び、外部情報 (extrinsic information) がその復号器自体から得られることに分けられる。外部情報は、異なる復号工程において同一情報の多重利用を回避するために、事前確率情報として次段の復号器へと供給される。いわゆるRSC符号を利用することの大きな利点の1つは、組織部分が1度伝送されることだけを必要とすることであり、符号化器と復号器との双方の組み合わせについて同一であるためである。2相位相 (Binary Phase Shift Keying; BPSK) 変調方式が用いられた場合には、組織情報とパリティ情報とが別個に伝送されることから、これらは分離することができる。一方、高いスペクトル効率を達成するためにQPSK変調方式が用いられた場合には、1つのシンボルは組織ビットとパリティ情報との双方を含むことから、これらの分離は、パリティ成分に影響を及ぼすMAIやノイズが組織成分にも影響を及ぼすために不可能となる。したがって、T-MTCM符号化器51に対応する外符号復号器35における各復号器からの出力は、事前確率情報と、組織成分と外部情報との

組み合わせとの2つの異なる成分に分けることができる。組織成分と外部情報との組み合わせは、次段の復号工程へと供給され、各復号器において組織情報を少なくとも1回以上用いないことに注意を払う必要がある。

【0083】さて、以上のような外符号の性能評価は、以下のように行うことができる。ここまで、BEP性能評価は、内符号の最小自由ユークリッド距離における改良によって測定されるので、焦点とされてきた。スーパーステート図(superstate diagrams)とBEPの上限とを用いて、これらの図の変換関数から性能を計算し、外符号の性能の向上を評価した。

【0084】MTCMのBEP性能の上限は、「D. Divsalar and M. K. Simon, "The design of Trellis Coded MPSK for fading channels: Performance Criteria", IEEE Transactions on Communications, vol. 36, pp. 1004-1012, September 1988」, 「D. Divsalar and M. K. Simon, "The design of Trellis Coded MPSK for fading channels: Set Partitioning for optimum code design", IEEE Transactions on Communications, vol. 36, pp. 1013-1021, September 1988」, 「D. Divsalar and M. K. Simon, "Multiple Trellis Coded Modulation (MTCM)", IEEE Transactions on Communications, vol. 36, pp. 410-419, April 1988」及び「E. Biglieri, D. Divsalar, P. J. McLane and M. K. Simon, "Introduction to Trellis-Coded Modulation with Applications", Macmillan, 1991」に記載されている次式(6)によって与えられる。なお、次式(6)において、 Z は、Bhattacharyyaパラメータであって、次式(7)によって定義される。また、次式(7)において、 E_s は、トレリス符号シンボル毎のエネルギーであり、 $T(I, D)$ は、多重トレリス符号と関連付けられるスーパーステート図の変換関数である。

【0085】

【数6】

$$P_e \leq \frac{1}{b} Q \left(\sqrt{\frac{bE_b}{\kappa N_0} \frac{d_{free}^2}{4}} \right) Z^{-d_{free}^2} \frac{\partial}{\partial I} T(I, D) \Big|_{I=1, D=Z} \dots (6)$$

【0086】

【数7】

$$Z = \exp \left(-\frac{1}{4} \frac{E_s}{N_0} \right) = \exp \left(-\frac{1}{4} \frac{bE_b}{\kappa N_0} \right) \dots (7)$$

【0087】先に図6(A)にトレリスとして示した内符号を用いたステート数が“2”であり且つ符号化率が“2/4”のTCMの場合の性能を考える。これに対応する状態遷移図は、図8(A)に示すようになり、 $T(I, D)$ を計算するための等価なスーパーステート図

は、図8(B)に示すようになる。なお、図8(B)における各枝に付されたラベルは、次式(8)に示すものである。

【0088】

【数8】

$$\begin{cases} a = \frac{1}{2} (I + I^2) D^4 \\ b = \frac{1}{2} (1 + I) D^4 \\ c = \frac{1}{2} I D^4 \end{cases} \dots (8)$$

【0089】図8(B)から、変換関数は、次式(9)として容易に計算される。

【0090】

【数9】

$$\begin{aligned} T(I, D) &= 2c + \frac{4ab}{1-2a} \\ &= \frac{(2I + 2I^2 + I^3) D^8 - (I^2 + I^3) D^{12}}{1 - (I + I^2) D^4} \dots (9) \end{aligned}$$

【0091】要求されたBEPの上限は、上式(9)を上式(6)に代入して微分することによって求められ、次式(10)で表される。

【0092】

【数10】

$$P_e \leq \frac{1}{8} Q \left(\sqrt{E_b/N_0} \right) \frac{9 - 8Z^4 + 4Z^8}{9(1 - 2Z^4)^2} \dots (10)$$

【0093】つぎに、以上のようなデータ送受信シス

テムの性能評価について示す。空間・時間トレリス符号伝

送ダイバーシチを採用したセルラCDMAシステムのBER性能は、上式(10)を用いることによって決定することができる。2パス・レイリー・ファースト・フェージング(2-path Rayleigh fast-fading)環境下におけるSTCM伝送ダイバーシチシステムに関するシステム負荷の関数 V として、データ送受信システムにおける性能を求めると、図9に示すようになる。動作点は、 $E_b/N_0=20\text{ dB}$ としている。また、シンボル・インターリーバのサイズが200QPSKシンボルであり、外符号としてステート数が“2”のTCM符号を用い、内符号としてAlamouti符号を用いた符号化率が“1/2”であるSTCMシステムが仮定されている。なお、図9には、比較のために、伝送ダイバーシチをとまなわない無符号化及び符号化された性能曲線も示している。これから明らかなように、STCM伝送ダイバーシチ方式は、大幅に性能の向上を図ることができる。

【0094】以上説明したように、本発明においては、符号伝送ダイバーシチに対してチャネル符号に空間・時間符号を接続することを提案した。解析は、チャネルが定常且つ均一であるという仮定の下で、全連接符号・マトリックス(the overall concatenated code matrices)間の積距離のペアワイズ比較に基づいて、実施された。この結果、内符号としてのACTDがDTD方式及びOTD方式よりも良好な距離特性を有することが示された。ACTDは他の2つの方式よりも上位ではあるが、それは2つのアンテナ系だけに限られている。一方、OTD及びDTDは、2つ以上のアンテナ系に容易に拡張することができる。本発明においては、STCMストラテジーにおける外符号として、トレリス符号及びターボトレリス符号を可能な候補として採用し、議論した。ここで提示された解析結果は、CDMAのためにより高い変調フォーマットの使用が考えられる場合には、STCM伝送ダイバーシチがセルラCDMAのダウンリンクシステム容量を増加する際には不可欠なものであることを示している。このように、本発明は、マルチパスフェージング環境下においても高い性能を発揮することができる強力な符号を提供するものであり、ユーザに高い利便・信頼性を提供することができるものである。

【0095】なお、本発明は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、例えば、上述した実施の形態では、符号化部及び復号部をデータ送受信システムにおける送信装置1及び受信装置3に適用して説明したが、本発明は、例えばフロッピー(登録商標)ディスク、CD-ROM又はMO(Magneto Optical)といった磁気、光又は光磁気ディスク等の記録媒体に対する記録及び/又は再生を行う記録及び/又は再生装置に適用することもできる。この場合、符号化部により符号化されたデータは、通信路に等価とされる記録媒体に記録され、復号部により復号されて再生される。

【0096】また、上述した実施の形態では、送信装置

1及び受信装置3ともハードウェアにより構成された装置であるものとして説明したが、これらの送信装置1及び受信装置3とも、例えばワークステーションやパーソナルコンピュータといったコンピュータ装置において実行可能なソフトウェアとして実現することが可能である。

【0097】さらに、上述した実施の形態では、送信装置1及び受信装置3は、それぞれ別個の装置であるものとして説明したが、本発明は、これらの送信装置1及び受信装置3を1つの装置として提供する場合にも適用可能である。

【0098】このように、本発明は、その趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更が可能であることはいうまでもない。

【0099】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明にかかる符号化装置は、複数の要素符号を縦列に接続し、入力されたデータを符号化する符号化装置であって、入力されたシンボル系列に対して、外符号の符号化として、トレリス符号化、ターボ符号化又はターボ符号化変調を行う外符号符号化手段と、この外符号符号化手段から供給されたシンボル系列を構成する各シンボルの順序を並べ替えるインターリーブ手段と、このインターリーブ手段から供給されたシンボル系列に対して、内符号の符号化として、空間的及び時間的な特性が最大伝送ダイバーシチを保証する符号である空間・時間符号化変調を行う内符号符号化手段とを備える。

【0100】したがって、本発明にかかる符号化装置は、外符号符号化手段により、トレリス符号化、ターボ符号化又はターボ符号化変調を行い、インターリーブ手段によってシンボル毎のインターリーブを施した後、内符号符号化手段により、空間・時間符号化変調を行うことにより、マルチパスフェージング環境下においても高い性能を発揮することができる強力な符号化を行うことができる。

【0101】また、本発明にかかる符号化方法は、複数の要素符号を縦列に接続し、入力されたデータを符号化する符号化方法であって、入力されたシンボル系列に対して、外符号の符号化として、トレリス符号化、ターボ符号化又はターボ符号化変調を行う外符号符号化工程と、この外符号符号化工程にて符号化されて得られたシンボル系列を構成する各シンボルの順序を並べ替えるインターリーブ工程と、このインターリーブ工程にて並べ替えられたシンボル系列に対して、内符号の符号化として、空間的及び時間的な特性が最大伝送ダイバーシチを保証する符号である空間・時間符号化変調を行う内符号符号化工程とを備える。

【0102】したがって、本発明にかかる符号化方法は、トレリス符号化、ターボ符号化又はターボ符号化変調を行い、シンボル毎のインターリーブを施した後、空

間・時間符号化変調を行うことにより、マルチパスフェージング環境下においても高い性能を発揮することができる強力な符号化を行うことが可能となる。

【0103】さらに、本発明にかかる復号装置は、入力されたシンボル系列に対して、外符号の符号化として、トレリス符号化、ターボ符号化又はターボ符号化変調を行う外符号符号化手段と、この外符号符号化手段から供給されたシンボル系列を構成する各シンボルの順序を並べ替えるインターリーブ手段と、このインターリーブ手段から供給されたシンボル系列に対して、内符号の符号化として、空間的及び時間的な特性が最大伝送ダイバーシチを保証する符号である空間・時間符号化変調を行う内符号符号化手段とを備える符号化機器によって符号化された符号の復号を行う復号装置であって、内符号符号化手段に対応して備えられ、入力されたデータに対して、最大事後確率復号又は軟出力ビタビアルゴリズムに基づく軟出力復号を行う内符号復号手段と、インターリーブ手段によってインターリーブされたシンボル系列の配列を、それぞれ、元のシンボル系列の配列に戻すように、内符号復号手段から供給された軟入力シンボル系列にデインターリーブを施すデインターリーブ手段と、外符号符号化手段に対応して備えられ、デインターリーブ手段から供給されたシンボル系列に対して、最大事後確率復号又はビタビアルゴリズムに基づく復号を行う外符号復号手段とを備える。

【0104】したがって、本発明にかかる復号装置は、外符号符号化手段により、トレリス符号化、ターボ符号化又はターボ符号化変調を行い、インターリーブ手段によってシンボル毎のインターリーブを施した後、内符号符号化手段により、空間・時間符号化変調を行う符号化機器によって符号化されたデータを復号することにより、マルチパスフェージング環境下においても高い性能を発揮することができる。

【0105】さらにまた、本発明にかかる復号方法は、入力されたシンボル系列に対して、外符号の符号化として、トレリス符号化、ターボ符号化又はターボ符号化変調を行う外符号符号化工程と、この外符号符号化工程にて符号化されて得られたシンボル系列を構成する各シンボルの順序を並べ替えるインターリーブ工程と、このインターリーブ工程にて並べ替えられたシンボル系列に対して、内符号の符号化として、空間的及び時間的な特性が最大伝送ダイバーシチを保証する符号である空間・時間符号化変調を行う内符号符号化工程とを備える符号化方法によって符号化された符号の復号を行う復号方法であって、内符号符号化工程に対応して備えられ、入力されたデータに対して、最大事後確率復号又は軟出力ビタビアルゴリズムに基づく軟出力復号を行う内符号復号工程と、インターリーブ工程にてインターリーブされたシンボル系列の配列を、それぞれ、元のシンボル系列の配列に戻すように、内符号復号工程にて符号化されて得ら

れた軟入力シンボル系列にデインターリーブを施すデインターリーブ工程と、外符号符号化工程に対応して備えられ、デインターリーブ工程にて並べ替えられたシンボル系列に対して、最大事後確率復号又はビタビアルゴリズムに基づく復号を行う外符号復号工程とを備える。

【0106】したがって、本発明にかかる復号方法は、トレリス符号化、ターボ符号化又はターボ符号化変調を行い、シンボル毎のインターリーブを施した後、空間・時間符号化変調を行う符号化方法によって符号化されたデータを復号することにより、マルチパスフェージング環境下においても高い性能を発揮することが可能となる。

【0107】また、本発明にかかる送信装置は、入力されたシンボル系列に対して、外符号の符号化として、トレリス符号化、ターボ符号化又はターボ符号化変調を行う外符号符号化手段と、この外符号符号化手段から供給されたシンボル系列を構成する各シンボルの順序を並べ替えるインターリーブ手段と、このインターリーブ手段から供給されたシンボル系列に対して、内符号の符号化として、空間的及び時間的な特性が最大伝送ダイバーシチを保証する符号である空間・時間符号化変調を行う内符号符号化手段とを有する符号化手段と、内符号符号化手段から供給された複数のストリームのそれぞれに対して拡散変調を施す拡散変調手段を有する送信手段とを備える。

【0108】したがって、本発明にかかる送信装置は、外符号符号化手段により、トレリス符号化、ターボ符号化又はターボ符号化変調を行い、インターリーブ手段によってシンボル毎のインターリーブを施した後、内符号符号化手段により、空間・時間符号化変調を行い、さらに、拡散変調手段により、複数のストリームのそれぞれに対して拡散変調を施して外部へと送信することにより、マルチパスフェージング環境下においても高い性能を発揮して、データの送信を行うことができる。

【0109】さらに、本発明にかかる送信方法は、入力されたシンボル系列に対して、外符号の符号化として、トレリス符号化、ターボ符号化又はターボ符号化変調を行う外符号符号化工程と、この外符号符号化工程にて符号化されて得られたシンボル系列を構成する各シンボルの順序を並べ替えるインターリーブ工程と、このインターリーブ工程にて並べ替えられたシンボル系列に対して、内符号の符号化として、空間的及び時間的な特性が最大伝送ダイバーシチを保証する符号である空間・時間符号化変調を行う内符号符号化工程とを有する符号化工程と、内符号符号化工程にて符号化されて得られた複数のストリームのそれぞれに対して拡散変調を施す拡散変調工程を有する送信工程とを備える。

【0110】したがって、本発明にかかる送信方法は、トレリス符号化、ターボ符号化又はターボ符号化変調を行い、シンボル毎のインターリーブを施した後、空間・

時間符号化変調を行い、さらに、複数のストリームのそれぞれに対して拡散変調を施して外部へと送信することにより、マルチパスフェージング環境下においても高い性能を発揮して、データの送信を行うことが可能となる。

【0111】さらにまた、本発明にかかる受信装置は、入力されたシンボル系列に対して、外符号の符号化として、トレリス符号化、ターボ符号化又はターボ符号化変調を行う外符号符号化手段と、この外符号符号化手段から供給されたシンボル系列を構成する各シンボルの順序を並べ替えるインターリーブ手段と、このインターリーブ手段から供給されたシンボル系列に対して、内符号の符号化として、空間的及び時間的な特性が最大伝送ダイバーシチを保証する符号である空間・時間符号化変調を行う内符号符号化手段とを有する符号化手段と、内符号符号化手段から供給された複数のストリームのそれぞれに対して拡散変調を施す拡散変調手段を有する送信手段とを備える送信機器によって送信されたデータを受信する受信装置であって、入力されたデータに対して逆拡散を施す逆拡散手段を有する受信部と、内符号符号化手段に対応して備えられ、逆拡散手段から供給されたデータに対して、最大事後確率復号又は軟出力ビットアルゴリズムに基づく軟出力復号を行う内符号復号手段と、インターリーブ手段によってインターリーブされたシンボル系列の配列を、それぞれ、元のシンボル系列の配列に戻すように、内符号復号手段から供給された軟入力シンボル系列にデインターリーブを施すデインターリーブ手段と、外符号符号化手段に対応して備えられ、デインターリーブ手段から供給されたシンボル系列に対して、最大事後確率復号又はビットアルゴリズムに基づく復号を行う外符号復号手段とを有する復号手段とを備える。

【0112】したがって、本発明にかかる受信装置は、外符号符号化手段により、トレリス符号化、ターボ符号化又はターボ符号化変調を行い、インターリーブ手段によってシンボル毎のインターリーブを施した後、内符号符号化手段により、空間・時間符号化変調を行い、さらに、拡散変調手段により、複数のストリームのそれぞれに対して拡散変調を施す送信機器によって送信されたデータを受信することにより、マルチパスフェージング環境下においても高い性能を発揮して、データの受信を行うことができる。

【0113】また、本発明にかかる受信方法は、入力されたシンボル系列に対して、外符号の符号化として、トレリス符号化、ターボ符号化又はターボ符号化変調を行う外符号符号化工程と、この外符号符号化工程にて符号化されて得られたシンボル系列を構成する各シンボルの順序を並べ替えるインターリーブ工程と、このインターリーブ工程にて並べ替えられたシンボル系列に対して、内符号の符号化として、空間的及び時間的な特性が最大伝送ダイバーシチを保証する符号である空間・時間符号

化変調を行う内符号符号化工程とを有する符号化工程と、この内符号符号化工程にて符号化されて得られた複数のストリームのそれぞれに対して拡散変調を施す拡散変調工程を有する送信工程とを備える送信方法によって送信されたデータを受信する受信方法であって、入力されたデータに対して逆拡散を施す逆拡散工程を有する受信工程と、内符号符号化工程に対応して備えられ、逆拡散工程にて逆拡散が施されたデータに対して、最大事後確率復号又は軟出力ビットアルゴリズムに基づく軟出力復号を行う内符号復号工程と、インターリーブ工程にてインターリーブされたシンボル系列の配列を、それぞれ、元のシンボル系列の配列に戻すように、内符号復号工程にて符号化されて得られた軟入力シンボル系列にデインターリーブを施すデインターリーブ工程と、外符号符号化工程に対応して備えられ、デインターリーブ工程にて並べ替えられたシンボル系列に対して、最大事後確率復号又はビットアルゴリズムに基づく復号を行う外符号復号工程とを有する復号工程とを備える。

【0114】したがって、本発明にかかる受信方法は、トレリス符号化、ターボ符号化又はターボ符号化変調を行い、シンボル毎のインターリーブを施した後、空間・時間符号化変調を行い、さらに、複数のストリームのそれぞれに対して拡散変調を施す送信方法によって送信されたデータを受信することにより、マルチパスフェージング環境下においても高い性能を発揮して、データの受信を行うことが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態として示すデータ送受信システムを適用する通信モデルの構成を説明するブロック図である。

【図2】同データ送受信システムにおける送信装置の構成を説明するブロック図である。

【図3】同データ送受信システムにおける受信装置の構成を説明するブロック図である。

【図4】同送信装置における外符号化器として提案されるMTCM符号化器の構成を説明するブロック図である。

【図5】入出力／ステート接続を説明する図であって、(A)は、ステート数が“2”の場合を示し、(B)は、ステート数が“4”の場合を示す図である。

【図6】トレリスを説明する図であって、(A)は、ステート数が“2”の場合を示し、(B)は、ステート数が“4”の場合を示す図である。

【図7】同送信装置における外符号化器として提案されるT-MTCM符号化器の構成を説明するブロック図である。

【図8】状態遷移を説明する図であって、(A)は、図6(A)に示すトレリスに対応する状態遷移を示し、(B)は、変換関数 $T(I, D)$ を計算するための等価なスーパーステートを示す図である。

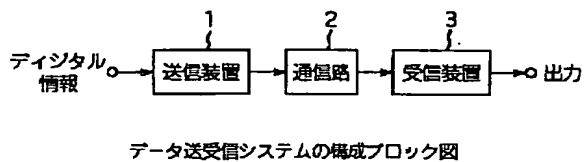
【図9】データ送受信システムにおける性能曲線を説明する図である。

【符号の説明】

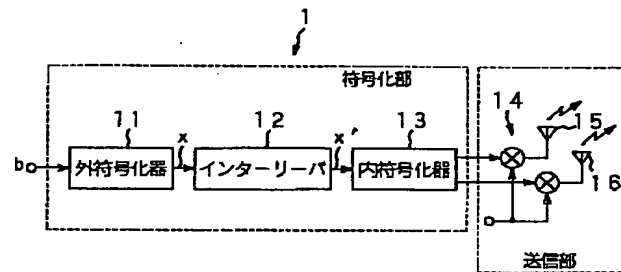
1 送信装置、 3 受信装置、 11 外符号化器、
12 インターリーブ、 13 内符号化器、 14
拡散変調器、 15, 16 送信アンテナ、 31 受
信アンテナ、 32 逆拡散器、 33 内符号復号
器、 34 デインターリーブ、 35 外符号復号

器、 36 通信路状態予測器、 41 MTCM符号化
器、 42, 43 TCM符号化器、 44, 45 ブ
ロック・シンボル・インターリーブ、 46, 47, 5
2 QPSKマッピング器、 51 T-MTCM符号
化器、 53, 55 MTCM符号化器及びQPSKマ
ッピング器、 54 シンボル・インターリーブ、 5
6, 57 シンボル・デインターリーブ、 58, 59
シンボルセクタ及びパングチャ器

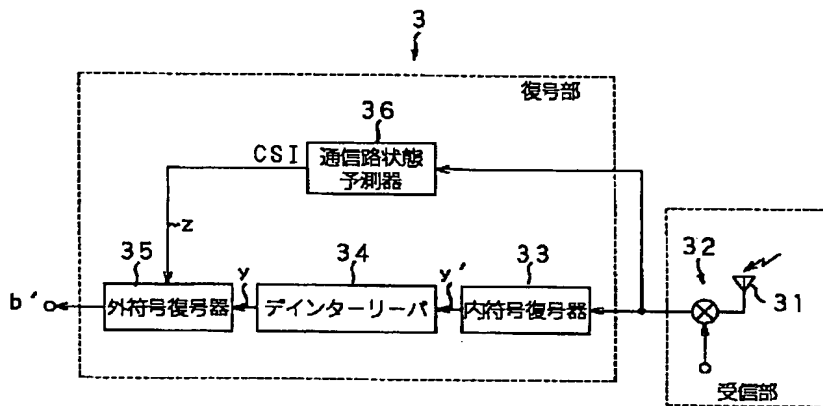
【図1】



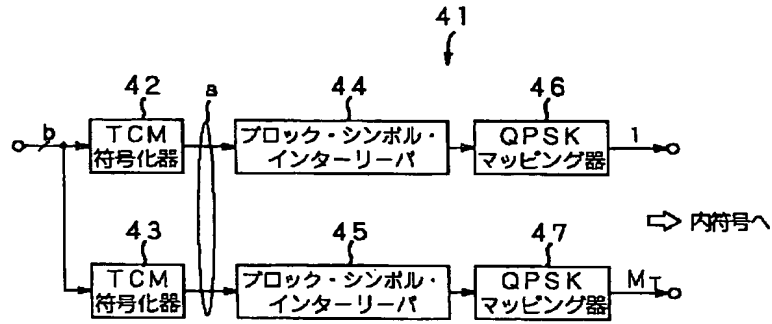
【図2】



【図3】



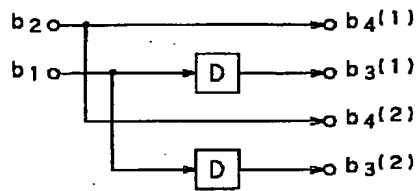
【図4】



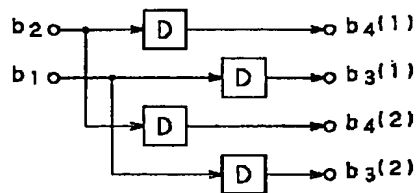
MTCM符号化器の構成ブロック図

【図5】

(A)



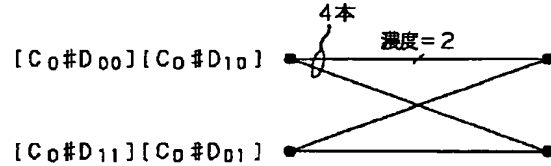
(B)



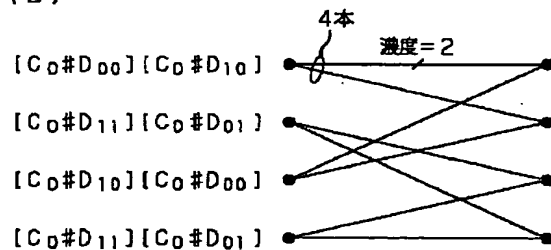
入出力ノーステート接続図

【図6】

(A)

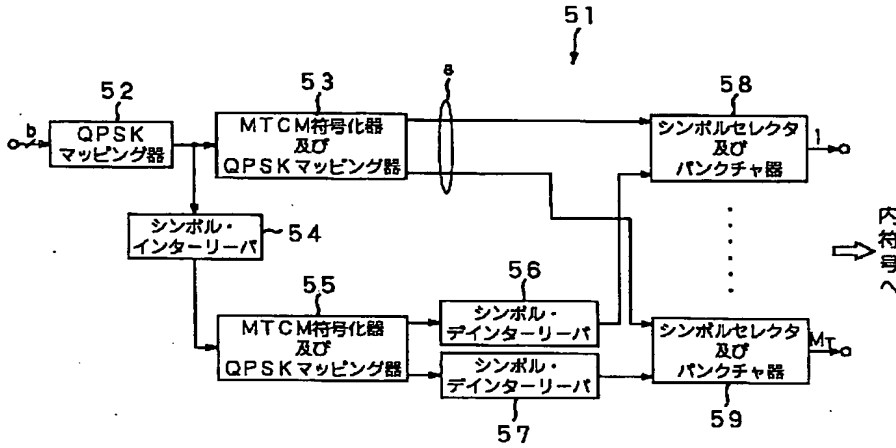


(B)



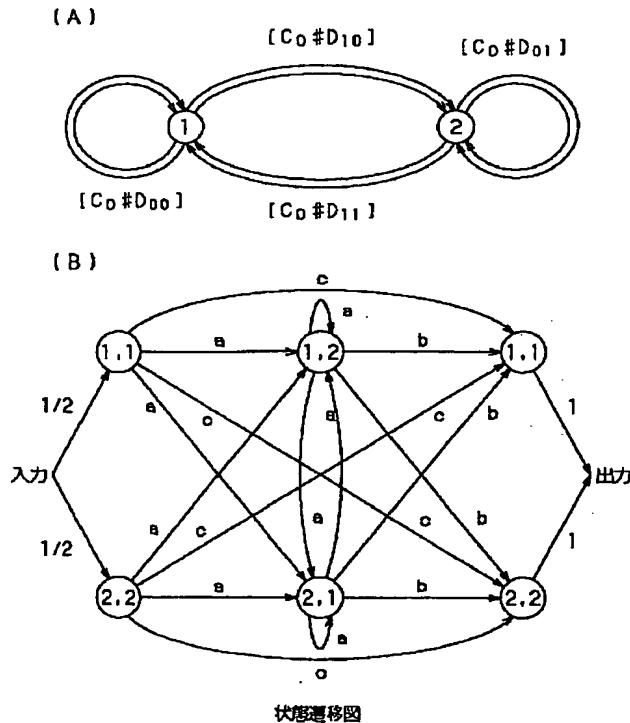
トレリスの説明図

【図7】



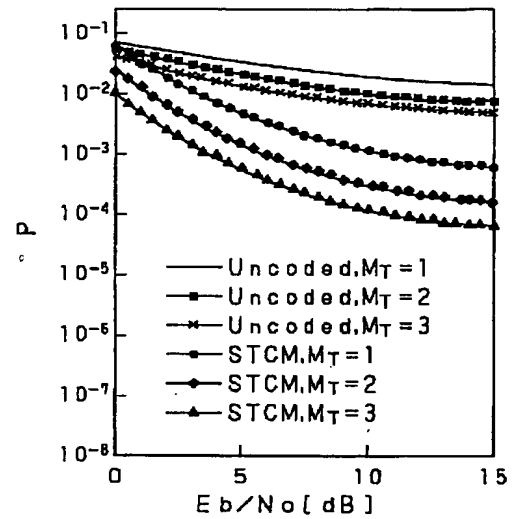
T-MTCM符号化器の構成ブロック図

【図8】



状態遷移図

【図9】



性能曲線の説明図

フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

H04B 1/707

H04L 27/18

識別記号

F I

H04L 27/18

H04J 13/00

テーマコード(参考)

B

D

Fターム(参考) 5J065 AC02 AD10 AG05 AG06 AH23
5K004 AA05 FA05 FD05
5K022 EE01 EE24